

Microplásticos en el aire: Lo que no vemos, sí lo inhalamos

Microplastics in the air: We inhale what we can't see

MARTÍNEZ-RESÉNDIZ, GEORGINA^{1*}

¹Laboratorio de Humedales y Sustentabilidad Ambiental, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Veracruz, Km 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz 93821, México. Becario postdoctoral de la SECITHI (Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación) (G.M-R)

*Autor por correspondencia: georgina.martinez.tecm@gmail.com

Recibido: 09 de junio de 2025

Aceptado: 03 de septiembre 2025

Publicado: 24 de noviembre de 2025

Resumen

Los microplásticos atmosféricos representan una forma emergente de contaminación ambiental con implicaciones potenciales para la salud humana. Estas partículas, menores a 5 mm, se originan por la fragmentación de plásticos o emisiones industriales y han sido encontrados en diversos entornos, incluidos espacios urbanos, rurales y remotos. Debido a su tamaño, pueden ser inhaladas, lo cual plantea riesgos para el sistema respiratorio y otras funciones biológicas en los seres humanos y animales. La evidencia científica actual sugiere que su persistencia en la atmósfera y la exposición crónica podrían tener efectos adversos, lo que subraya la necesidad de estudios más profundos y políticas enfocadas en la mitigación de emisiones plásticas al aire.

Palabras clave: *Microplásticos, contaminación del aire, salud humana, partículas plásticas, toxicología ambiental, fuentes de emisión*

Abstract

Atmospheric microplastics represent an emerging form of environmental pollution with potential implications for human health. These particles, smaller than 5 mm, originate from plastic fragmentation or industrial emissions and have been detected in various environments, including urban, rural, and remote areas. Their ability to be inhaled poses risks to the respiratory system and other biological functions. Current scientific evidence suggests that the persistence

of plastic in the atmosphere and chronic exposure may lead to adverse effects, highlighting the need for further research and policies aimed at reducing plastic emissions into the air.

Keywords: *Microplastics, air pollution, human health, plastic particles, environmental toxicology, emission sources.*

1. Introducción

La contaminación por plásticos se ha convertido en una amenaza creciente para el planeta. En 2022, la producción mundial de plástico superó los 400 millones de toneladas (Nayanathara Thathsarani Pilapitiya & Ratnayake, 2024), una cifra alarmante si se considera que una gran parte de estos residuos no recibe un tratamiento adecuado. Muchos de ellos terminan acumulándose en cuerpos de agua y suelos, afectando ecosistemas. Con el tiempo, estos desechos se fragmentan en diminutas partículas llamadas microplásticos (MPs), que son partículas de polímeros plásticos con tamaños inferiores a 5 mm (Zhao et al., 2024). Estos contaminantes emergentes se han encontrado en una variedad de ambientes y organismos, desde el plancton hasta mamíferos marinos, así como en alimentos, agua potable y productos de consumo humano.

Diversas investigaciones han demostrado que las partículas plásticas también están presentes en el aire y pueden ser inhaladas, depositarse en los pulmones y generar efectos tóxicos como inflamación, daño alveolar y estrés oxidativo (Amato-Lourenço et al., 2021) (Figura 1). Asimismo, se ha confirmado su presencia en fluidos corporales humanos, como sangre y placenta, lo que plantea interrogantes sobre su distribución sistémica y efectos multiorgánicos (Leslie et al., 2022; Ragusa et al., 2021). Frente a este panorama, se vuelve imprescindible comprender cuáles son las principales fuentes de emisión, cómo se dispersan los MPs en la atmósfera, qué riesgos representan para la salud humana y qué otros factores no han sido considerados aún en la literatura científica.

En este sentido, el objetivo de este artículo es presentar una revisión sintética de la literatura científica publicada en los últimos cinco años sobre la presencia de MPs en el aire, abordando aspectos relacionados con sus fuentes, mecanismos de transporte, técnicas de monitoreo, efectos en la salud humana, así como los principales retos y vacíos de conocimiento que deben ser atendidos en investigaciones futuras.

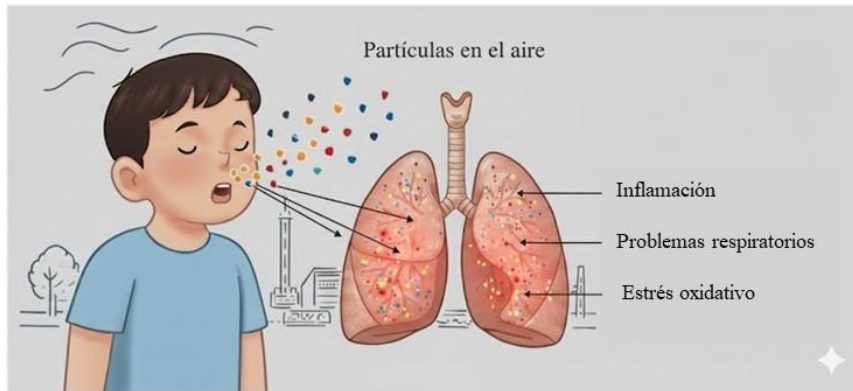


Figura 1. Esquema de los efectos pulmonares por exposición a MPs en el aire.

2. Desarrollo

La presente revisión se elaboró con base en una búsqueda sistemática y crítica de literatura científica, con el objetivo de recopilar y analizar el conocimiento actual sobre la presencia, fuentes, transporte, monitoreo e impactos en la salud humana de los MPs presentes en el aire.

2.1 Fuentes y emisión de MPs al aire

La presencia de MPs en la atmósfera ha sido atribuida a diferentes fuentes, como la ropa sintética, los neumáticos, las superficies viales y varios procesos industriales. El uso y lavado cotidiano de textiles sintéticos representa una fuente significativa de MPs atmosféricos (Gliaudelytè et al., 2025) Sin embargo, el secado mecánico como vía de emisión de MPs es aún poco conocido.

El desgaste de neumáticos y frenos constituye una fuente importante de MPs en entornos urbanos. Estudios recientes confirman que las partículas generadas por abrasión vehicular pueden dispersarse ampliamente en el aire, en sistemas de drenaje y en los suelos urbanos (Evangelidou et al., 2020; Giechaskiel et al., 2024). La fabricación, manipulación y transformación de plásticos en plantas industriales también generan emisiones atmosféricas que contienen MPs. Por ejemplo, en instalaciones de compostaje que gestionan residuos verdes, se ha documentado la presencia de MPs tanto en la composta final como en el aire.

Análisis sobre la calidad del aire han mostrado que el aire ambiente presentó concentraciones que variaron entre <1 y >1000 MPs/m³ (exterior) y entre <1 y 1583 ± 1181 MPs/m³ en espacios

interiores (O'Brien et al., 2023). Eventos como incendios urbanos o forestales representan fuentes puntuales altamente concentradas de MPs en el aire. La quema de materiales que contienen plásticos, como los electrodomésticos, mobiliario o recubrimientos industriales liberan una mezcla compleja de contaminantes, entre los que se incluyen MPs y nanoplásticos. En los incendios registrados en Los Ángeles en 2023, especialistas en salud pública alertaron sobre la inhalación de partículas plásticas generadas a partir de la combustión de materiales sintéticos, las cuales fueron transportadas a través de grandes áreas residenciales.

Asimismo, fenómenos naturales como las tormentas de polvo en regiones áridas y semiáridas pueden actuar como vehículos para la redistribución de MPs previamente depositados en el suelo, demostraron que los vientos y eventos de polvo pueden transportar MPs atmosféricos a largas distancias, incluso hacia zonas montañosas remotas. Estas tormentas levantan partículas del suelo que han estado expuestas a fragmentación de plásticos durante largos periodos, reintroduciéndolas en la atmósfera y extendiendo su alcance incluso hacia zonas menos intervenidas.

2.2 Transporte y deposición

Los MPs han demostrado una alta capacidad de dispersión atmosférica, ya que las partículas generadas por fuentes urbanas e industriales pueden ser transportadas por el viento a cientos o incluso miles de kilómetros de su lugar de emisión. Esta movilidad ha permitido su detección en regiones remotas como el Ártico, zonas montañosas y áreas rurales, lejos de fuentes evidentes de contaminación (Evangelidou et al., 2020).

El transporte atmosférico de MPs está fuertemente influenciado por factores como la velocidad y dirección del viento, temperatura, presión atmosférica y precipitaciones. Estos factores determinan tanto la distancia que puede recorrer una partícula como su modo de deposición, que puede ser seca (por gravedad) o húmeda (asociada a lluvia o nieve). Sun et al., (2022) mencionan que los episodios de lluvia intensa contribuyen significativamente a la deposición de MPs, mientras que el viento puede facilitar su resuspensión en ambientes urbanos.

2.3 Caracterización y técnicas de monitoreo

El estudio de los MPs atmosféricos requiere el empleo de métodos precisos tanto para su recolección como para su identificación. El proceso de monitoreo consta de dos etapas clave: el muestreo del aire y el análisis de las partículas recolectadas.

En cuanto al muestreo, existen dos enfoques predominantes: los métodos activos, que utilizan bombas para forzar el paso del aire a través de filtros, y los métodos pasivos, que capturan partículas mediante deposición natural. Una vez recolectadas las partículas, se aplican diversas técnicas analíticas para identificar su forma, tamaño y composición. A continuación, en la Tabla 1, se muestran los principales métodos y técnicas disponibles, junto con sus limitaciones.

Tabla 1. Descripción de los métodos de muestreo y técnicas analíticas para la caracterización de MPs atmosféricos.

Categoría	Descripción	Limitaciones	Referencia
Muestreo activo	Utiliza bombas para aspirar aire a través de filtros. Permite medir la concentración en función del tiempo.	Costoso, requiere energía y mantenimiento. Puede subestimar partículas muy pequeñas.	(Han et al., 2024)
Muestreo pasivo	Recolección natural de partículas suspendidas. Económico, pero menos preciso.	Baja eficiencia en condiciones de viento o humedad. No mide la concentración por tiempo.	
Muestreo por filtros	Capturan partículas suspendidas en el aire. Varían en tamaño de poro y eficiencia (<5 mm).	Saturación rápida. Necesita condiciones de laboratorio controladas.	
FTIR (Espectroscopía Infrarroja Transformada Fourier)	Identifica polímeros por su espectro infrarrojo. Requiere partículas > 10 µm y pretratamiento.	Limitado por tamaño de partícula. Puede confundirse con minerales o fibras orgánicas.	
µ-Raman (Microscopía Raman)	Permite identificar partículas pequeñas (<5 µm) con alta resolución química.	Alto costo y complejidad. La fluorescencia puede interferir con la señal.	(Han et al., 2024)
SEM (Microscopía Electrónica de Barrido)	Ofrece imágenes de alta resolución para observar forma y tamaño, pero no identifica el tipo de polímero.	No proporciona información química sin acoplamiento a otras técnicas.	

2.4 Impacto en la salud humana

Los MPs pueden ingresar al cuerpo humano principalmente a través de dos vías: la respiratoria y la digestiva. Cada una de estas rutas representa un riesgo potencial para la salud y ha sido objeto de investigación en estudios recientes realizados con modelos animales y, en menor medida, en humanos.

El sistema respiratorio presenta una fuerte asociación con la vía inhalatoria, mientras que los efectos sobre el sistema digestivo, inmunológico y nervioso se observan mayormente a través de la vía digestiva, incluyendo alteraciones en el microbiota, inflamación sistémica y posible neurotoxicidad. La Tabla 2 resume los principales mecanismos de ingreso y los efectos potenciales en la salud humana.

Tabla 2. Descripción de los mecanismos de ingreso, efectos y evidencia científica del impacto en salud humana por exposición a MPs.

Vía de ingreso	Mecanismo de entrada	Efectos documentados	Evidencia científica
Respiratoria	Inhalación de partículas suspendidas (PM10, PM2.5, <10 µm), presentes en interiores y aire urbano.	Inflamación pulmonar, estrés oxidativo, daño alveolar, posible fibrosis pulmonar.	(Leslie et al., 2022); (Prata, 2018).
Digestiva	Ingesta a través de alimentos y bebidas contaminados (agua embotellada, mariscos, sal).	Alteración de la microbiota intestinal, inflamación crónica, estrés oxidativo y neurotoxicidad en modelos animales.	(Leslie et al., 2022)

2.5 Retos y perspectivas futuras

2.5.1 Necesidad de estandarización metodológica

Uno de los principales retos es la falta de protocolos estandarizados para el muestreo, análisis y cuantificación de MPs en matrices ambientales y biológicas. Las diferencias en los tamaños de filtro, métodos de digestión, técnicas analíticas (como FTIR), espectroscopía Raman, análisis térmico, espectrometría de masas, entre otras. Por otra parte, los límites de detección

de los equipos utilizados dificultan la comparabilidad entre los estudios reportados en la literatura (Han et al., 2024; Luo et al., 2022). Se requiere un consenso internacional sobre estas metodologías para avanzar hacia evaluaciones globales más robustas. Además, como señalan Sharma et al. (2024), las metodologías para la cuantificación de MPs requieren un enfoque multidisciplinario.

2.5.2 *Incertidumbre sobre la toxicocinética y toxicodinámica en humanos*

Aunque se ha confirmado la presencia de MPs en tejidos humanos, como los pulmones (Amato-Lourenço et al., 2021), la placenta (Ragusa et al., 2021), el tracto gastrointestinal y la sangre (Leslie et al., 2022), los mecanismos exactos de absorción, distribución, metabolismo y excreción de MPs no se comprenden de manera clara.

2.5.3 *Perspectivas futuras*

Basado en el panorama actual, se identifican las siguientes líneas estratégicas de investigación y acción:

- Desarrollo de metodologías para el muestreo y análisis de micro y nanoplásticos en matrices humanas y ambientales.
- Implementación de marcos regulatorios internacionales, inspirados en el principio de precaución, para limitar la producción, liberación y acumulación de MPs.
- Educación ambiental y cambios en el consumo, promoviendo alternativas a los plásticos de un solo uso y prácticas de producción sostenibles.

3. Conclusiones

La investigación sobre los microplásticos en la atmósfera aún no es amplia; sin embargo, los estudios existentes revelan hallazgos alarmantes sobre su presencia en el aire, provenientes de diversas fuentes como textiles sintéticos, neumáticos y procesos industriales. Estas partículas pueden ser inhaladas, lo que genera efectos adversos en la salud humana. Además, su alta capacidad de dispersión permite que los microplásticos lleguen a zonas remotas, extendiendo su impacto. A pesar de los avances en su estudio, persisten importantes vacíos en la comprensión de sus efectos a largo plazo. Es crucial

intensificar la vigilancia ambiental, realizar más investigaciones que evalúen su toxicidad y desarrollar marcos regulatorios globales que permitan mitigar sus riesgos.

Referencias bibliográficas

- Amato-Lourenço, L. F., Carvalho-Oliveira, R., Júnior, G. R., dos Santos Galvão, L., Ando, R. A., & Mauad, T. (2021). Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *Journal of Hazardous Materials*, 416, 126124. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126124>
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- O'Brien, S., Rauert, C., Ribeiro, F., Okoffo, E. D., Burrows, S. D., O'Brien, J. W., Wang, X., Wright, S. L., & Thomas, K. V. (2023). There's something in the air: A review of sources, prevalence and behaviour of microplastics in the atmosphere. *Science of The Total Environment*, 874, 162193. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162193>
- Han, I., Lee, C., Belchez, C., Shipper, A. G., & Wiens, K. E. (2024). Microplastics in urban ambient air: A rapid review of active sampling and analytical methods for human risk assessment. *Environments*, 11(11), 256. <https://doi.org/10.3390/environments11110256>
- Evangelidou, N., Grythe, H., Klimont, Z., Heyes, C., Eckhardt, S., Lopez-Aparicio, S., & Stohl, A. (2020). Atmospheric transport is a major pathway of microplastics to remote regions. *Nature Communications*, 11, 3381. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17201-9>

- Nayanathara Thathsarani Pilapitiya, P. G. C., & Ratnayake, A. S. (2024). The world of plastic waste: A review. *Cleaner Materials*, 11, 100220. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2024.100220>
- Gliaudelytè, U., Persson, M., & Daukantienè, V. (2025). Impact of textile composition, structure, and treatment on microplastic release during washing: A review. *Textile Research Journal*, 95(1–2), 220–232. <https://doi.org/10.1177/00405175241260066>
- Giechaskiel, B., Grigoratos, T., Mathissen, M., Quik, J., Tromp, P., Gustafsson, M., Franco, V., & Dilara, P. (2024). Contribution of road vehicle tyre wear to microplastics and ambient air pollution. *Sustainability*, 16(2), 522. <https://doi.org/10.3390/su16020522>
- Sun, J., Peng, Z., Zhu, Z.-R., Fu, W., Dai, X., & Ni, B.-J. (2022). The atmospheric microplastics deposition contributes to microplastic pollution in urban waters. *Water Research*, 225, 119116. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.119116>